



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 2 年 9 月 2 5 日

Masayoshi SAWAI, et al. Q77693
METHOD OF ASSISTING WIRING.....
Darryl Mexic 202-293-7060
September 25, 2003
2 of 6

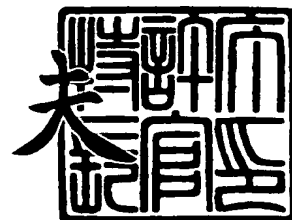
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 2 7 9 5 0 1
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 7 9 5 0 1]

出 願 人
Applicant(s): 矢 崎 総 業 株 式 会 社

2 0 0 3 年 1 1 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P84693-79

【提出日】 平成14年 9月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01B 13/00

【発明の名称】 ワイヤー様構造物の配線設計支援方法及びその装置

【請求項の数】 7

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内

 【氏名】 澤井 正義

【特許出願人】

 【識別番号】 000006895

 【氏名又は名称】 矢崎総業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100060690

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 瀧野 秀雄

 【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

 【識別番号】 100097858

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 越智 浩史

 【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108017

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 松村 貞男

 【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100075421

【弁理士】

【氏名又は名称】 垣内 勇

【電話番号】 03-5421-2331

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012450

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004350

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ワイヤー様構造物の配線設計支援方法及びその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用して、所定条件を満たす前記ワイヤー様構造物の予測形状を出力することによって、前記ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法であって、

前記所定条件としてのワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を満たしつつ、このワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を、前記有限要素法を利用して逐次算出してその結果を逐次出力する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法において、

前記ワイヤー様構造物の所定部位に力を加えて変位させた際の前記ワイヤー様構造物の変形の様子を逐次算出してその結果を逐次出力する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の予配線設計支援方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法において、

前記ワイヤー様構造物は、車両に配線されるワイヤーハーネスであり、

前記拘束条件は、前記複数の梁要素の各頂点の座標及び前記各頂点における自由度とし、

前記形状特性は、前記ワイヤー様構造物の梁要素の断面積及び長さとし、そして、

前記材料特性は、前記梁要素の断面 2 次モーメント、断面 2 次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数とする、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援方法。

【請求項 4】 複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を

利用して、所定条件を満たす前記ワイヤー様構造物の予測形状を出力することによって、前記ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する装置であって、

前記所定条件としての、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を設定する設定手段と、

前記ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を満たしつつ、このワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を、前記有限要素法を利用して、逐次算出する算出手段と、

前記算出手段による算出結果に基づき、前記ワイヤー様構造物の変形の様子を逐次、更新出力する出力手段と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置において、

前記所定条件として、前記ワイヤー様構造物の所定部位に加える力を設定する第 2 設定手段を更に含み、

前記算出手段は、前記力を加えて変位させた際の前記ワイヤー様構造物の変形の様子を逐次算出する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援装置。

【請求項 6】 請求項 4 又は 5 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置において、

手動操作に基づくトリガにより、前記出力手段による出力を一時的に静止させる一時停止制御手段、

を更に含むことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援装置。

【請求項 7】 複数本の線條材から構成されるワイヤー様構造物の配線に関する予測形状を算出することにより、ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法において、

対象となるワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を逐次算出してその結果を逐次出力する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の配線設計支援方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の線条材から構成されるワイヤー様構造物の配線設計を支援する方法及びその装置に関し、特に、ワイヤー様構造物として車両に配線されるワイヤーハーネスの最適な配線設計を支援する方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

通常、車両等においては、複数の電装品が搭載されており、これらは、上記線条材として、複数の電線や通信線がインシュロック等の結束部材やテープ等の保護部材によって束ねられた、いわゆる、ワイヤーハーネスで接続されている。図1に示すように、ワイヤーハーネス1は、各端部に電装品等と接続されるコネクタ2a、2b、2c、2dが取り付けられている。また、その中間部には各種クリップ3a、3b、3c、3dが取り付けられ、更に、分岐点4を有している。なお、各端部から分岐点4までを構成するワイヤーハーネス1の各枝線は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も様々である。そして、従来、このようなワイヤーハーネスの配線設計は、設計者の勘と経験によって行われることが多かった。

【0003】

ここで、本明細書中で引用する文献を以下に示す。

【0004】

【非特許文献1】

B. ナス著「マトリックス有限要素法」ブレイン図書出版株式会社出版、1978年8月10日、p. 7-15

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、ワイヤーハーネスは、上記のように多種多様であり、それらの各部における曲げやねじりに対する剛性まで正確に予想して設計することは非常に困難なことであった。このため、設計通りの組付けが困難であったり、非現実的な形状になってしまうことも多かった。したがって、最適なワイヤーハーネスの配

線形状を得るために、設計及び組付けが試行錯誤繰り返されて、多大な時間を浪費することになっていた。更に、このような方法によると、最適な配線設計を行うためには高度な熟練も求められていた。

【0 0 0 6】

よって本発明は、上述した現状に鑑み、ワイヤーハーネス等のワイヤー様構造物の予測形状を逐次算出してその結果を逐次出力することにより、その最適な配線設計を、設計者の熟練度に依存することなく、短期間で、容易かつ正確に行えるようするワイヤーハーネスの配線設計支援方法及びその装置を提供することを課題としている。

【0 0 0 7】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するためになされた請求項 1 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法は、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用して、所定条件を満たす前記ワイヤー様構造物の予測形状を出力することによって、前記ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法であって、前記所定条件としてのワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を満たしつつ、このワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を、前記有限要素法を利用して逐次算出してその結果を逐次出力する、ことを特徴とする。

【0 0 0 8】

請求項 1 記載の発明によれば、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなす。そして、有限要素法を利用して、所定条件を満たすワイヤー様構造物の予測形状を出力する。特に、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を満たしつつ、このワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を、有限要素法を利用して逐次算出してその結果を逐次出力するようにしている。したがって、ワイヤー様構造物が最終形状に変位する迄のワイヤー様構造物の変形の様子を、組み付け作業を行う前に予め知ることができる。

【0009】

上記課題を解決するためになされた請求項2記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法は、請求項1記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法において、前記ワイヤー様構造物の所定部位に力を加えて変位させた際の前記ワイヤー様構造物の変形の様子を逐次算出してその結果を逐次出力する、ことを特徴とする。

【0010】

請求項2記載の発明によれば、ワイヤー様構造物の所定部位に力を加えて変位させた際のワイヤー様構造物の変形の様子を逐次算出してその結果を逐次出力するようにしているので、組付け時に予想される作業者の動き等を正確に反映させたワイヤー様構造物の変形の様子を検討することが可能になる。

【0011】

上記課題を解決するためになされた請求項3記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法は、請求項1又は2記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法において、前記ワイヤー様構造物は、車両に配線されるワイヤーハーネスであり、前記拘束条件は、前記複数の梁要素の各頂点の座標及び前記各頂点における自由度とし、前記形状特性は、前記ワイヤー様構造物の梁要素の断面積及び長さとし、そして、前記材料特性は、前記梁要素の断面2次モーメント、断面2次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数とする、ことを特徴とする。

【0012】

請求項3記載の発明によれば、拘束条件をワイヤー様構造物を構成する複数の梁要素の各頂点の座標及び各頂点における自由度とし、形状特性をワイヤー様構造物の梁要素の断面積及び長さとし、材料特性を梁要素の断面2次モーメント、断面2次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数としており、これらの値はすべて、車両に配線されるワイヤーハーネスから予め取得できるものである。したがって、実際の組み付け作業を想定したワイヤーハーネスの配線シミュレーションが可能になる。

【0013】

上記課題を解決するためになされた請求項4記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置は、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で

線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用して、所定条件を満たす前記ワイヤー様構造物の予測形状を出力することによって、前記ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する装置であって、前記所定条件としての、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を設定する設定手段と、前記ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を満たしつつ、このワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を、前記有限要素法を利用して、逐次算出する算出手段と、前記算出手段による算出結果に基づき、前記ワイヤー様構造物の変形の様子を逐次、更新出力する出力手段と、を含むことを特徴とする。

【0014】

請求項4記載の発明によれば、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなす。そして、有限要素法を利用して、所定条件を満たすワイヤー様構造物の予測形状を出力する。特に、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を満たしつつ、このワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変位する際のワイヤー様構造物の変形の様子を、有限要素法を利用して逐次算出してその結果を逐次出力するようにしている。したがって、ワイヤー様構造物が最終形状に変位する迄のワイヤー様構造物の変形の様子を、組み付け作業を行う前に予め知ることができる。

【0015】

上記課題を解決するためになされた請求項5記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置は、請求項4記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置において、前記所定条件として、前記ワイヤー様構造物の所定部位に加える力を設定する第2設定手段を更に含み、前記算出手段は、前記力を加えて変位させた際の前記ワイヤー様構造物の変形の様子を逐次算出する、ことを特徴とする。

【0016】

請求項5記載の発明によれば、ワイヤー様構造物の所定部位に力を加えて変位させた際のワイヤー様構造物の変形の様子を逐次算出してその結果を逐次出力するようにしているので、組付け時に予想される作業者の動き等を正確に反映させ

たワイヤー様構造物の変形の様子を検討することが可能になる。

【 0 0 1 7 】

上記課題を解決するためになされた請求項 6 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置は、請求項 4 又は 5 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援装置において、手動操作に基づくトリガにより、前記出力手段による出力を一時的に静止させる一時停止制御手段、を更に含むことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

請求項 6 記載の発明によれば、手動操作に基づくトリガにより、出力手段による出力が一時的に静止される。したがって、本装置のユーザは、変形途中のワイヤー様構造物の出力を任意の時点で静止させて、ワイヤー様構造物と干渉物との位置関係や歪み具合等を検討することが可能になる。

【 0 0 1 9 】

上記課題を解決するためになされた請求項 7 記載のワイヤー様構造物の配線設計支援方法は、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物の配線に関する予測形状を算出することにより、ワイヤー様構造物の最適な配線設計を支援する方法において、対象となるワイヤー様構造物が初期形状 1 a から釣り合いがとれた最終形状 1 z に変形していく様子を逐次算出してその結果を逐次出力する、ことを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

請求項 7 記載の発明によれば、対象となるワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を、逐次算出してその結果を逐次出力するようにしている。したがって、ワイヤー様構造物が最終形状に変位する迄のワイヤー様構造物の変形の様子を、組み付け作業を行う前に予め知ることができる。

【 0 0 2 1 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

まず、図 1 及び図 2 を用いて、設計対象となるワイヤー様構造物としてのワイヤーハーネスの全体形状及び代表的な支持部材について説明する。図 1 は、本発

明の実施形態にて設計対象となるワイヤーハーネスの全体形状を概略的に示す図である。図2は、ワイヤーハーネスを支持する代表的な支持部材と拘束自由度との関係を示す図である。後述するが、本実施形態は、ここに示すようなワイヤーハーネスに対して予測形状をシミュレーション出力することにより、設計を支援するものである。

【0022】

本実施形態にて設計対象となるワイヤーハーネス1は、上述のように両端部に図示しない電装品と接続されるコネクタ2a、2b、2c、2dが取り付けられ、その中間部には各種クリップ3a、3b、3c、3dが取り付けられ、更に、分岐点4を有している。ワイヤーハーネス1の各枝線は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も異なる。

【0023】

上記各コネクタ2a、2b、2c、2dは、電装品側の相手方コネクタの固定位置及びその装着方向に応じて所定の位置に着脱可能に固定され、ワイヤーハーネスの端部を完全拘束する。また、上記各クリップ3a、3b、3c、3dは、ワイヤーハーネスの所定部位を、電装品の筐体やステー等の所定位置に完全拘束又は回転拘束される。

【0024】

ここで、クリップについて説明を加える。クリップには、基本的に、長穴クリップ及び丸穴クリップがある。丸穴クリップは、回転クリップともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた丸穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。丸穴クリップは、Z軸（取付部位に鉛直方向）廻りに回転可能である。

【0025】

一方、長穴クリップは、固定クリップともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた長穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。この支持脚の断面形状は、取付穴と略同様の長穴形状をしている。長穴クリップは、Z軸廻りに回転不可能である。

【0026】

更に、長穴クリップ及び丸穴クリップには、X軸（ワイヤーハーネスの長手方向）廻りに回転可能な、コルゲート長穴クリップ及びコルゲート丸穴クリップがある。このような各クリップの各軸方向及び各軸廻りの拘束自由度は図2に示す通りである。

【0027】

図2において、X軸、Y軸及びZ軸は、ワイヤーハーネス上の各節点（又はノードともよぶ）における右手ローカル座標系での直行する3軸に相当する。例えば、Z軸をクリップ軸と一致するようにしているが、これらの決定方法は、使用する関数によって適宜変更可能である。なお、図中、参考のために、分岐点の拘束自由度についても示している。また、ここでは図示しないが、上記拘束点以外に任意に設定されたワイヤーハーネス上の節点は、基本的に、完全自由である。このような拘束自由度が、後述するように、予測経路及び形状変形の算出に先立ち、各節点にそれぞれ、設定される。

【0028】

次に、図3～図6を参照しながら、本実施形態において前提となる仮定条件、利用される理論及び基本式の概略について説明する。図3（A）は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図3（B）は、図3（A）のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図3（C）は、図3（A）のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。図4は、梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。図5（A）は、ワイヤーハーネスを3つの梁要素で表した図であり、図5（B）は、図5（A）の3つの梁要素を結合した状態を示す図である。そして、図6（A）は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図6（B）は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図である。

【0029】

まず、本実施形態では、ワイヤーハーネスの設計に有限要素法を利用するに際し、以下のような仮定をする。

- ①. ワイヤーハーネスを弾性体と仮定する。

②. ワイヤーハーネスを梁要素が結合されたものと仮定する。

③. 各梁要素に線形性が保たれるものと仮定する。

④. ワイヤーハーネスの断面を円形であると仮定する。

本実施形態において、このような仮定をすることにより、従来なされていなかった、ワイヤーハーネスへの有限要素法の適用が可能になる。

【0030】

本実施形態においては、まず、ワイヤーハーネスを離散化する。すなわち、図 3 (A) に示すように、複数の電線 11 がテープ 12 等の保護部材によって束ねられたワイヤーハーネス 1 は連続体とみなすことができる。次に、図 3 (B) に示すように、このようなワイヤーハーネス 1 を、いくつかの梁要素 C 1、C 2、C 3、…に分割（離散化）する。すなわち、ワイヤーハーネスは 1 本のロープのようなものなので、有限個の梁要素をつなげたものとみなすことができる。

【0031】

したがって、図 3 (C) に示すように、ワイヤーハーネスは、複数の梁要素 C 1、C 2、C 3、…を複数のノード N 1、N 2、N 3、…で結合したものとして表すことができる。梁要素に必要な特性値は以下の通りである。

長さ l (図 3 (B) 参照)

断面積 A (図 3 (B) 参照)

断面 2 次モーメント I

断面 2 次極モーメント J

密度 ρ

縦弾性係数 E

横弾性係数 G

なお、後述するが、本明細書中、長さ l 及び断面積 A を形状特性とし、断面 2 次モーメント I 、断面 2 次極モーメント J 、密度 ρ 、縦弾性係数 E 及び横弾性係数 G を材料特性としている。

【0032】

そして、図 4 に示すように、各梁要素 C (C 1、C 2、C 3、…) はそれぞれ、2 つの節点 α 及び節点 β を有する。3 次元空間においては、節点 α は、3 つの

並進成分と 3 つの回転成分を持つため、合計 6 つの自由度を持つ。また、節点 β も同様である。したがって、梁要素 C は 12 自由度を持つことになる。

【0033】

なお、図中、

F_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の力

F_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の力

F_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の力

M_{xi} : i 番要素の x i 軸周りのモーメント

M_{yi} : i 番要素の y i 軸周りのモーメント

M_{zi} : i 番要素の z i 軸周りのモーメント

U_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の変位

U_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の変位

U_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の変位

θ_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の角変位

θ_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の角変位

θ_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の角変位

α は左側の節点、 β は右側の節点

を示す。

【0034】

ところで、振動してない静的な力による構造物の変位は、弾性範囲内では、以下の式 (1) に示すフックの法則が成り立つことが知られている。

$$Kx = F \cdots (1)$$

ここで、 K : ばね定数、 x : 変位、 F : 力
を示す。

【0035】

また、図 4 で示した梁要素 C にも同様にフックの法則が成り立つことが知られている。但し、梁要素 C は、上記のように 12 自由度をもつため、以下の式 (2) で示すように、12 行 12 列のマトリクスと 12 行のベクトルとで、力と変位との関係を表現することができる。

【0036】

【数1】

$$\begin{array}{c}
 \left\{ \begin{array}{l} F_{xi\alpha} \\ F_{yi\alpha} \\ F_{zi\alpha} \\ M_{xi\alpha} \\ M_{yi\alpha} \\ M_{zi\alpha} \end{array} \right\} \dots (2) \\
 = \\
 \left\{ \begin{array}{l} U_{xi\alpha} \\ U_{yi\alpha} \\ U_{zi\alpha} \\ \theta_{xi\alpha} \\ \theta_{yi\alpha} \\ \theta_{zi\alpha} \end{array} \right\} \\
 \left\{ \begin{array}{l} \frac{AE}{l} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad \frac{12EI_z}{l^3} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad 0 \quad \frac{12EI_y}{l^3} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad \frac{GJ}{l} \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad \frac{12EI_z}{l^3} \quad \frac{12EI_y}{l^3} \quad 0 \quad \frac{6EI_y}{l^2} \quad 0 \\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad \frac{6EI_z}{l^2} \quad \frac{2EI_z}{l} \end{array} \right\} \\
 \left\{ \begin{array}{l} \frac{AE}{l} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad \frac{12EI_z}{l^3} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad 0 \quad \frac{12EI_y}{l^3} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad \frac{GJ}{l} \quad 0 \quad 0 \\ 0 \quad \frac{12EI_z}{l^3} \quad \frac{12EI_y}{l^3} \quad 0 \quad \frac{6EI_y}{l^2} \quad 0 \\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad \frac{6EI_z}{l^2} \quad \frac{2EI_z}{l} \end{array} \right\}
 \end{array}$$

【0037】

ここで、適合条件と釣り合い条件について説明する。ここでは、簡単のために、図5(A)に示すように、ワイヤーハーネスを3つの梁要素C1、C2、C3で表すものとする。この場合、梁要素C1の節点1 β 及び梁要素C2の節点2 α

の変位は等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。同様に、梁要素 C 2 の節点 2β 及び梁要素 C 3 の節点 3α の変位も等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。したがって、これら変位の連続性と力の釣り合いの条件を満たすことで、梁要素 C 1 及び C 2、梁要素 C 2 及び C 3 を、図 5 (B) に示すように、結合することができる。

【0 0 3 8】

なお、図中、

F_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の力

F_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の力

F_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の力

M_{xi} : i 番要素の x i 軸周りのモーメント

M_{yi} : i 番要素の y i 軸周りのモーメント

M_{zi} : i 番要素の z i 軸周りのモーメント

U_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の変位

U_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の変位

U_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の変位

θ_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の角変位

θ_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の角変位

θ_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の角変位

を示し、

$i = 1\alpha、1\beta、2\alpha、2\beta、3\alpha、3\beta$ である。

【0 0 3 9】

そして、図 5 (B) に示した梁要素 C 1、C 2、C 3 における上記変位の連続性と力の釣り合いを上記式 (2) と同様の形式で示すと、以下の式 (3) のようになる。

【0 0 4 0】

とができる。

【0043】

ちなみに、上記式(3)を簡単に表すと、

$$[K] \{x\} = \{F\} \cdots (4)$$

となる。

したがって、例えば、各節点にクリップが取り付けられるものとして、クリップに加わる力を予め決定しておけば、上記式(4)に基づき、変位ベクトル $\{x\}$ を求めることにより、経路、すなわち、ワイヤーハーネスの形状を算出することができる。逆に、経路を決定しておけば、各節点における力ベクトル $\{F\}$ を算出できる。このような基本的な考え方に基づき、本実施形態では、ワイヤーハーネスの予測経路及び形状変形を算出する。上記変位ベクトル $\{x\}$ 及び力ベクトル $\{F\}$ 中の未知数は、公知のNewton-Raphson法や弧長法等を用いてその解を求めることができる。

【0044】

なお、上記のような一般的なマトリックス有限要素法は、例えば、上記非特許文献1中でも示されている。

【0045】

ここで、本実施形態において、上記梁要素に必要な各特性値の求め方の一例について以下に示す。まず、長さ l 、断面積 A 及び密度 ρ は、対象となるワイヤーハーネスを作成し、ノギス、メジャー、重量計等を用いて計測した後、簡単な算出により求めることができる。

【0046】

また、縦弾性係数 E は、図6(A)に示す測定方法を行う場合、次式(5)で表すことができる。

$$E = FL^3 / 3XI \cdots (5)$$

また、断面2次モーメント I は、上記のようにワイヤーハーネスを円形断面と仮定したので、次式(6)で表すことができる。

$$I = \pi D^4 / 64 \cdots (6)$$

したがって、

$$E = 64FL^3 / 3\pi X D^4 \dots (7)$$

となる。

この測定では、

$$E = (F/X) \times (64L^3 / 3\pi D^4)$$

として、Fとxとの関係を測定すればよい。

【0047】

一方、横弾性係数Gは、図6（B）に示す測定方法を行う場合、次式（8）で表すことができる。

$$G = (TL / \theta J) \times 2 \dots (8)$$

断面2次極モーメントJは、ワイヤーハーネスが円形断面と仮定したので、次式（9）で表すことができる。

$$J = \pi D^4 / 32 \dots (9)$$

また、ねじる力は、

$$T = FS \dots (10)$$

となる。

よって、

$$G = (32FSL / \theta \pi D^4) \times 2 = (F / \theta) (32SL / \pi D^4) \times 2 \dots (11)$$

したがって、Fと θ の関係を測定すればよい。

【0048】

上記測定方法は一例であり、上記測定例以外の方法によって各値を取得してもよい。また、予め代表的なワイヤーハーネスを測定しておきデータベース化しておき、これを適宜利用するようにしてもよい。

【0049】

次に、上記理論及び基本式を利用して後述する処理手順にしたがってワイヤーハーネスの形状を算出及び出力する、本実施形態に係るハードウェア構成について説明する。図7は、本実施形態に係るハードウェア構成を示すブロック構成図である。

【0050】

図7に示すように、本実施形態では、マイクロコンピュータ21、入力装置22、表示装置23、印字装置24、記憶装置25及び通信インターフェース26で基本構成される、例えば、パーソナルコンピュータが用いられる。マイクロコンピュータ21は、CPU21a（中央演算装置）、ブートプログラム等を記憶するROM21b、各種処理結果を一時的に記憶するRAM21cを含む。入力装置22は上記各値等を入力するキーボード、マウス等であり、表示装置23は処理結果を表示するCRT等であり、印字装置24は処理結果を印字するプリンタである。また、記憶装置25は処理結果を記憶するハードディスクドライブやコンパクトディスク等の可搬型記録媒体であり、通信インターフェース26は外部装置と、例えば、LAN回線を用いてデータ通信を行うためのモデムボード等である。これらの各構成要素は、内部バス27を介して接続されている。CPU21aは、ROM21bに記憶されるブートプログラムにしたがって起動され、入力装置22にて入力及び設定されたワイヤーハーネスの配線に関する各値及び記憶装置25に記憶される本実施形態に係る処理手順を示すアプリケーションプログラムにしたがって、本実施形態に係る処理等を行い、表示装置23や印字装置24から出力させたり、その結果を記憶装置25に記憶させたりする。CPU21aが行う本実施形態に係る処理手順は、図8を用いて後述する。

【0051】

更に、図8及び図9を用いて、本実施形態に係る処理手順について説明する。図8は、図7に示したハードウェア構成を用いて行われる本実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。図9（A）～図9（D）はそれぞれ、図8に示す各処理の過程における出力結果を例示する図である。

【0052】

まず、図8に示すステップS1において設定された初期値に基づいて、ステップS2において初期形状が算出され、ステップS3において、図9（A）に示すように、算出された初期形状1aが出力される。この初期形状1aを得るための初期値としては、例えば、対象となるワイヤーハーネスの両端（図中、節点1a1及び1a8の位置に相当する）のコネクタが取り付けられる位置が用いられるが、このコネクタの拘束方向や、このワイヤーハーネスの中間部に取り付けられ

るクリップの座標及び拘束方向、或いは、このワイヤーハーネスの最小曲げ半径等を用いてもよい。すなわち、対象となるワイヤーハーネスの組み付け前の形状が反映された初期形状を出力することが好ましい。上記形状算出処理はマイコン 21 にて行われ、初期値の設定には入力装置 22 が用いられ、初期形状の出力には表示装置 23 が用いられる。なお、以降の処理においても、形状算出処理はマイコン 21 にて行われ、各値の設定には入力装置 22 が用いられ、算出結果の出力には表示装置 23 が用いられる。

【0053】

次に、ステップステップ S4 においては、上記出力された初期形状 1a に対して、図 9 (B) に示すような各節点 1a1 ~ 1a8 を割り当てると共に、これら各節点 1a1 ~ 1a8 における各拘束条件が設定される。拘束条件としては、各節点 1a1 ~ 1a8 に対する図 2 で示したような拘束種類（完全拘束、回転拘束、完全自由等）やローカル座標等が設定される。各節点 1a1 ~ 1a8 としては、コネクタやクリップ等の支持部材が取り付けられる部位等が割り当てられる。なお、拘束種類の設定には、図 2 で示したように、コネクタ、固定クリップ等の支持部材名を利用してもよい。ここで設定される各値は、上記式 (3) 中の変位ベクトル $\{x\}$ 中の各要素に係わる。

【0054】

これと共に、ステップ S4 においては、被予測ワイヤーハーネスの形状特性及び材料特性も設定される。形状特性としては上記長さ l 及び断面積 A が設定され、材料特性としては、断面 2 次モーメント I 、断面 2 次極モーメント J 、密度 ρ 、縦弾性係数 E 及び横弾性係数 G が設定される。これらは、上記のようにして予め計測或いは算出されている値が利用される。ここで設定される値は、上記式 (3) 中の剛性マトリクス $[K]$ 中の各要素に係わる。

【0055】

更に、ステップ S4 においては、図 9 (B) に示すように、ワイヤーハーネスの所定部位、例えば、コネクタが取り付けられる位置に相当する節点 1a8 に加える力 f を設定するようにしてもよい。この力 f は、例えば、組付け時に予想される作業者の動き等に基づくようにする。ここで設定される値は、上記式 (3)

中の力ベクトル $[f]$ 中の各要素に係わる。このように力 f を設定することにより、組付け時に予想される作業者の動き等を正確に反映させたワイヤー様構造物の変形の様子を検討することが可能になる。また、所定部位を任意に引っ張ったり、曲げたりした場合のワイヤー様構造物の変形の様子も検討することが可能になる。なお、このステップ S 4 では、算出処理に係る各種制御値等も設定される。このステップ S 4 は、請求項の設定手段及び第 2 設定手段に相当する。

【0056】

このような、形状算出に必要な各値の設定が完了した後、算出開始のための所定トリガがあると、ステップ S 5 において上記初期形状 1 a が表示装置 2 3 から消去された後ステップ S 7 以降に進む。ステップ S 7 以降では、ワイヤーハーネスの初期形状が上記設定された拘束条件等を満たす釣り合いがとれた最終形状に変位する迄の変形の様子を、逐次、表示装置 2 3 上に更新出力する。この様子は、例えば、上記初期形状から最終形状に至るまでの間に割り当てられた複数の時点 t_1 、 t_2 、 \dots 、 t_i にそれぞれ対応したものとする。説明を加えると、初期形状から最終形状に至るまでを例えば 10 秒としておき、1 秒ごとの変形の様子を出力するようにする。この処理を以下に説明する。

【0057】

まず、ステップ S 6 において時点 t_i を時点 t_1 に設定した後、ステップ S 7 以降に進む。そして、ステップ S 7 ～ステップ S 11 の処理ループにおいては、順次、時点 t_1 、 t_2 、 \dots 、 t_i におけるワイヤーハーネスの形状を有限要素法を利用して算出し、時点 t_d に至るまでワイヤーハーネスの変形の様子を更新出力していく。

【0058】

すなわち、ステップ S 7 においては、上記ステップ S 4 で設定された形状算出に必要な各値を有限要素法、特に、上記式 (3) に適用して、時点 t_i における予測形状が算出される。次に、ステップ S 8 においては、上記ステップ S 7 にて算出された時点 t_i における予測形状 (途中形状) を、表示装置 2 3 上に出力させる。そして、ステップ S 9 において、時点 t_i をカウントアップした後、ステップ S 11 において時点 t_i が最終時点 t_d に到達したか否かが判定される。なお

、上記ステップS7は、請求項の算出手段に相当する。

【0059】

更に、ステップS10において、時点 t_i が未だ最終時点 t_d に到達していないと判定されると（ステップS10のN）、ステップS11において時点 t_i の予測形状が消去された後、ステップS7に戻って、次の時点 t_i における予測形状が上記と同様に算出される。すなわち、時点 t_i が最終時点 t_d に到達するまで、ステップS7及びステップS8において、途中形状の算出及び出力処理が繰り返して行われる。このような処理により、図9（C）に示すようなワイヤーハーネスの変形の様子が逐次出力される。すなわち、初期形状1aから、途中形状1b及び1cを経て、後述する最終形状1dに至る迄の変形の様子が出力される。なお、図中、最終形状1dの節点1z1、1z2、1z3、1z4、1z5、1z6、1z7、及び1z8の位置はそれぞれ、上記初期形状1aにおける節点1a1、1a2、1a3、1a4、1a5、1a6、1a7、及び1a8の位置に対応する。また、途中形状1b、1cの節点1b8、1c8は、上記初期形状1aにおける節点1a8に対応する。

【0060】

なお、上記処理によると、各時点における途中形状は、自動的に、逐次更新出力されていくようになっているが、上記ステップS10とステップS11との間に、ステップS11の更新出力を一時停止させる処理を挿入してもよい（請求項の一時停止制御手段に相当）。すなわち、入力装置22による所定のトリガがあるまでは、現在の形状を表示装置23上に静止させて出力させるようにしてもよい。こうすることにより、本装置のユーザは、変形途中のワイヤーハーネスの様子を任意の時点で静止させて、ワイヤーハーネスと干渉物との位置関係や歪み具合等を検討することも可能になる。

【0061】

一方、上記ステップS10において、時点 t_i が最終時点 t_d に到達したと判定されると（ステップS10のY）、ステップS12に進んで図9（D）に示すような最終時点 t_d における予測形状、すなわち、最終形状1zを表示装置23上に出力させた上で一連の処理を終了する。この最終形状1zは、上記設定された

拘束条件等を満たすような力学的に釣り合った安定状態である。この最終形状 1 z は、印字装置 24 にも出力するようにしていてもよい。なお、上記ステップ S8 及びステップ S12 は、請求項の出力手段に相当する。

【0062】

このように、本実施形態によれば、ワイヤーハーネスが最終形状に変位する迄変形の様子を、組み付け作業を行う前に予め知ることができる。この結果、ワイヤーハーネスの最適な配線設計が、設計者の熟練度に依存することなく、短期間で、容易かつ正確に行えるようになる。特に、ワイヤーハーネスを、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなすことによって有限要素法の適用を可能にして、より精度の高い形状予測を実現している。

【0063】

なお、本発明の方法及び装置は、車両内に配線されるワイヤーハーネスに限定されず、屋内に配線されるワイヤー様構造物にも、同様に適用可能である。

【0064】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 及び 4 記載の発明によれば、複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなす。そして、有限要素法を利用して、所定条件を満たすワイヤー様構造物の予測形状を出力する。特に、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を満たしつつ、このワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を、有限要素法を利用して逐次算出してその結果を逐次出力するようにしている。したがって、ワイヤー様構造物が最終形状に変位する迄のワイヤー様構造物の変形の様子を、組み付け作業を行う前に予め知ることができる。この結果、ワイヤー様構造物の最適な配線設計が、設計者の熟練度に依存することなく、短期間で、容易かつ正確に行えるようになる。

【0065】

請求項 2 及び 5 記載の発明によれば、ワイヤー様構造物の所定部位に力を加えて変位させた際のワイヤー様構造物の変形の様子を逐次算出してその結果を逐次

出力するようにしているので、組付け時に予想される作業者の動き等を正確に反映させたワイヤー様構造物の変形の様子を検討することが可能になる。また、所定部位を任意に引っ張ったり、曲げたりした場合のワイヤー様構造物の変形の様子も検討することが可能になる。

【0066】

請求項3記載の発明によれば、拘束条件をワイヤー様構造物を構成する複数の梁要素の各頂点の座標及び各頂点における自由度とし、形状特性をワイヤー様構造物の梁要素の断面積及び長さとし、材料特性を梁要素の断面2次モーメント、断面2次極モーメント、密度、縦弾性係数及び横弾性係数としており、これらの値はすべて、車両に配線されるワイヤーハーネスから予め取得できるものである。したがって、実際の組み付け作業を想定したワイヤーハーネスの配線シミュレーションが可能になる。

【0067】

請求項6記載の発明によれば、手動操作に基づくトリガにより、出力手段による出力が一時的に静止される。したがって、本装置のユーザは、変形途中のワイヤー様構造物の出力を任意の時点で静止させて、ワイヤー様構造物と干渉物との位置関係や歪み具合等を検討することが可能になる。

【0068】

請求項7記載の発明によれば、対象となるワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状に変形していく様子を、逐次算出してその結果を逐次出力するようにしている。したがって、ワイヤー様構造物が最終形状に変位する迄のワイヤー様構造物の変形の様子を、組み付け作業を行う前に予め知ることができる。この結果、ワイヤー様構造物のより最適な配線設計が、容易かつ正確に行えるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態にて設計対象となるワイヤーハーネスの全体形状を概略的に示す図である。

【図2】

ワイヤーハーネスを支持する代表的な支持部材と拘束自由度との関係を示す図である。

【図 3】

図 3 (A) は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図 3 (B) は、図 3 (A) のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図 3 (C) は、図 3 (A) のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。

【図 4】

梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。

【図 5】

図 5 (A) は、ワイヤーハーネスを 3 つの梁要素で表した図であり、図 5 (B) は、図 5 (A) の 3 つの梁要素を結合した状態を示す図である。

【図 6】

図 6 (A) は、断面 2 次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図 6 (B) は、断面 2 次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図である。

【図 7】

本実施形態に係るハードウェア構成の一例を示すブロック構成図である。

【図 8】

本実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。

【図 9】

図 9 (A) ～図 9 (D) はそれぞれ、図 8 に示す各処理の過程における出力結果を例示する図である。

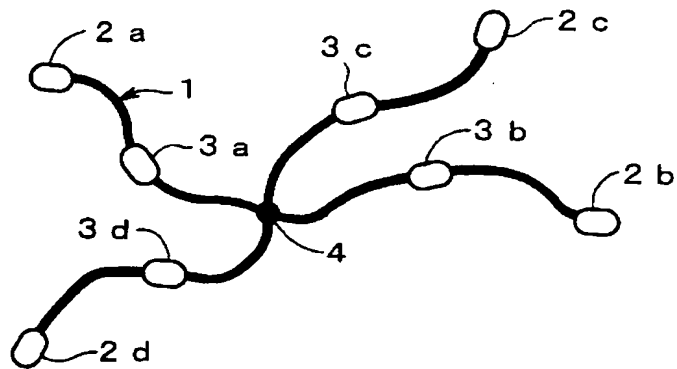
【符号の説明】

- 1 ワイヤーハーネス（ワイヤー様構造物）
- 2 a、2 b、2 c、2 d コネクタ
- 3 a、3 b、3 c、3 d クリップ
- 4 分岐点
- 21 マイクロコンピュータ

- 2 2 入力装置
- 2 3 出力装置
- 2 4 印字装置
- 2 5 記憶装置
- 2 6 通信インターフェース
- 2 7 内部バス
- C 1 ~ C 7 梁要素
- N 1 ~ N 8 節点 (ノード)

【書類名】 図面

【図 1】

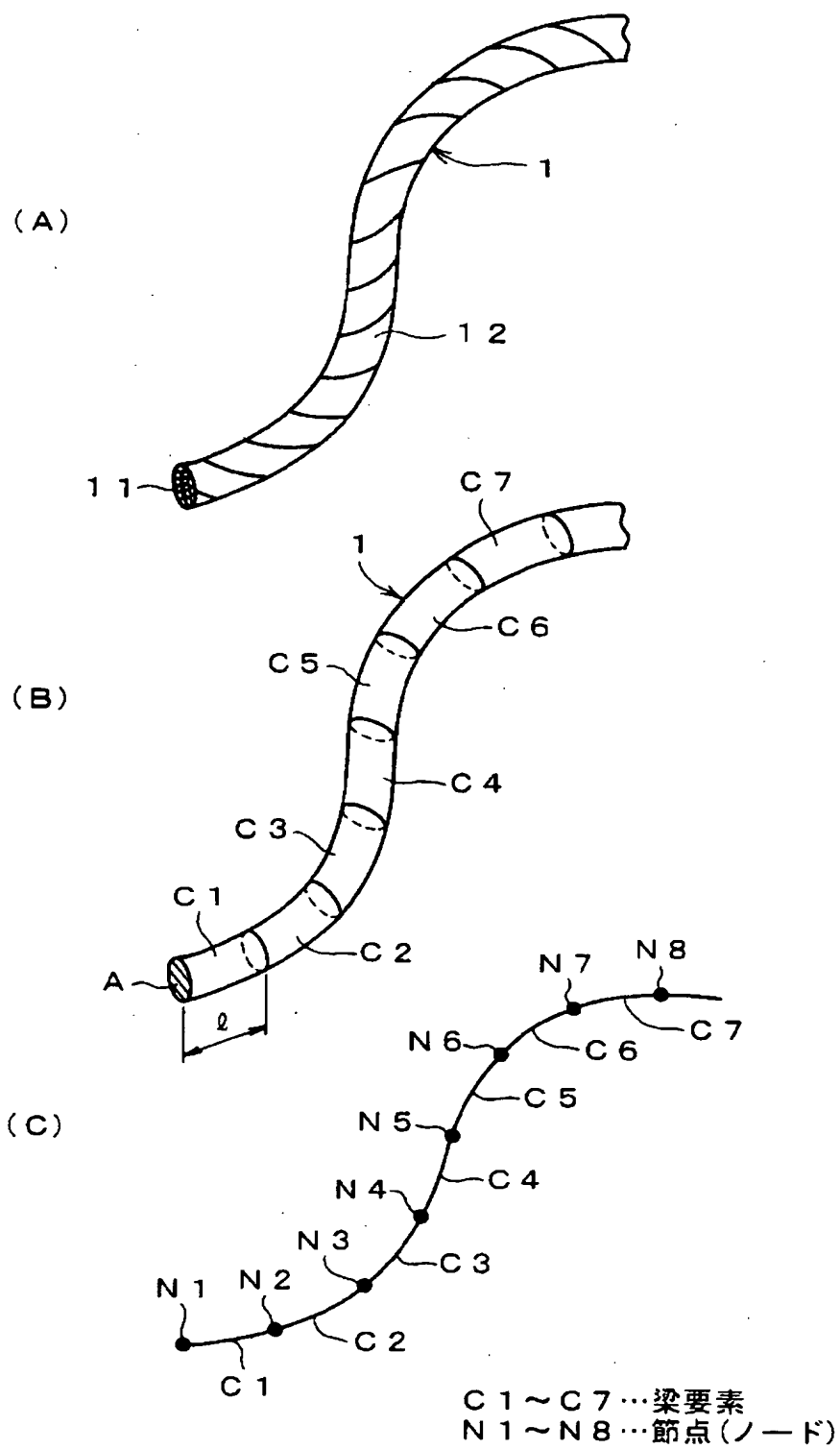


- 1 …ワイヤーハーネス
2 a、2 b、2 c、2 d…コネクタ
3 a、3 b、3 c、3 d…クリップ
4 …分岐点

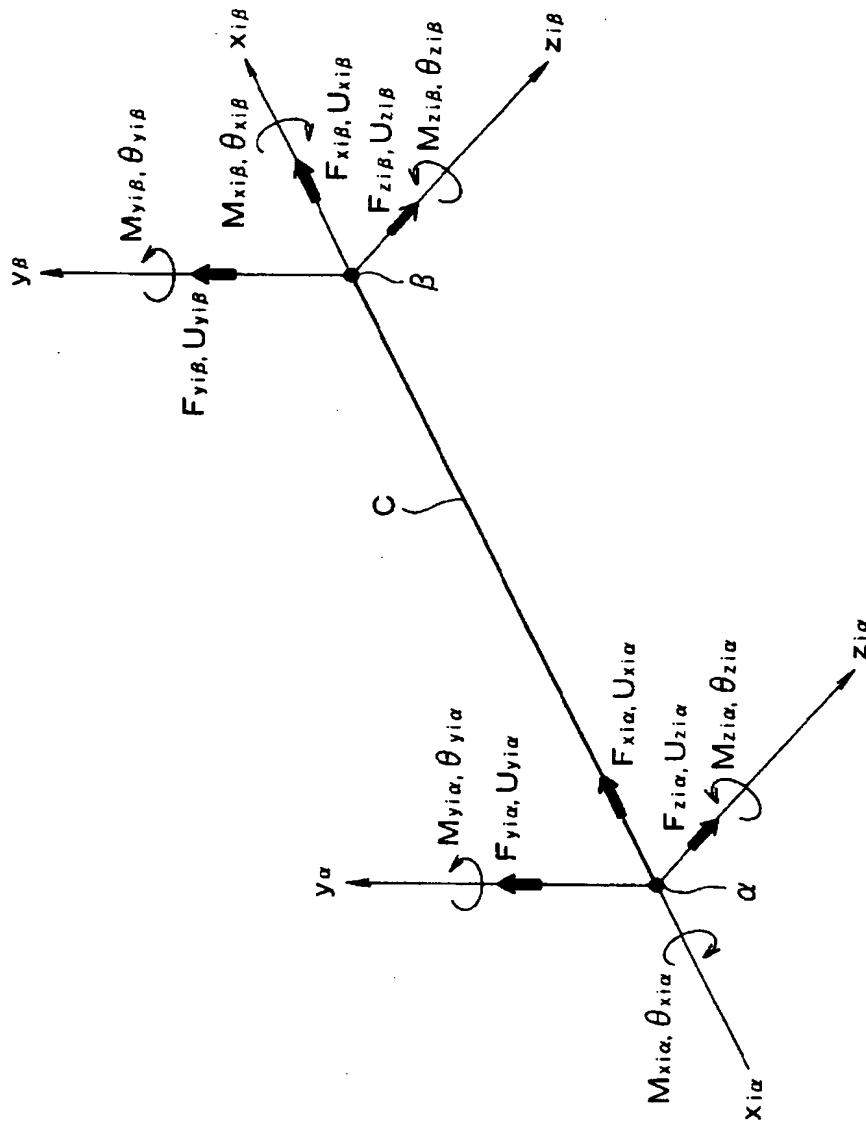
【図 2】

	拘束自由度		X 軸方向 並進	Y 軸方向 並進	Z 軸方向 並進	X 軸廻り 回転	Y 軸廻り 回転	Z 軸廻り 回転
	支持部材							
完全拘束		コネクタ	不可	不可	不可	不可	不可	不可
完全拘束		長穴クリップ	不可	不可	不可	不可	不可	不可
回転拘束		丸穴クリップ	不可	不可	不可	不可	不可	可
回転拘束		コルゲート長穴クリップ	不可	不可	不可	可	不可	不可
回転拘束		コルゲート丸穴クリップ	不可	不可	不可	可	不可	可
完全自由		分岐点	可	可	可	可	可	可

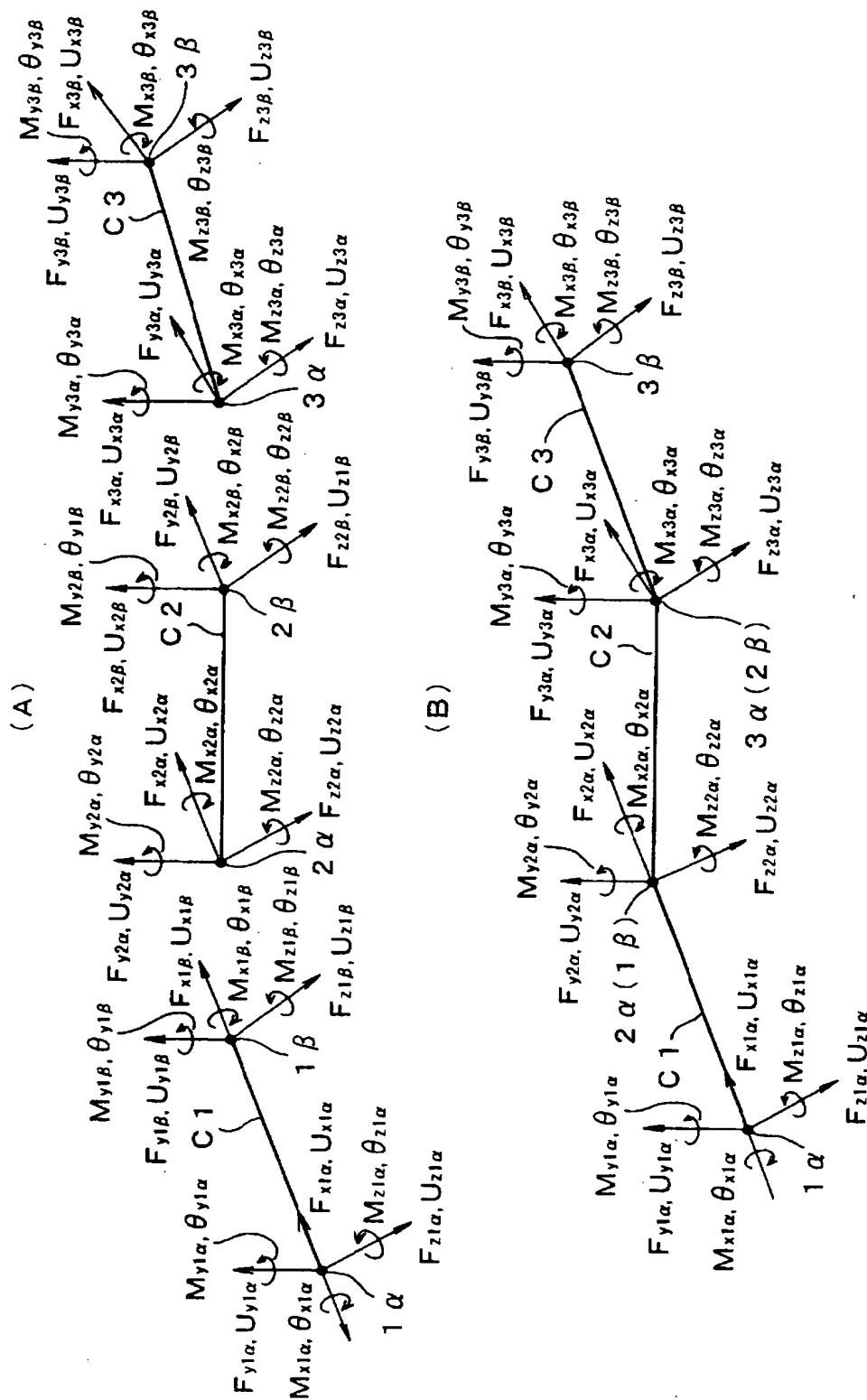
【図 3】



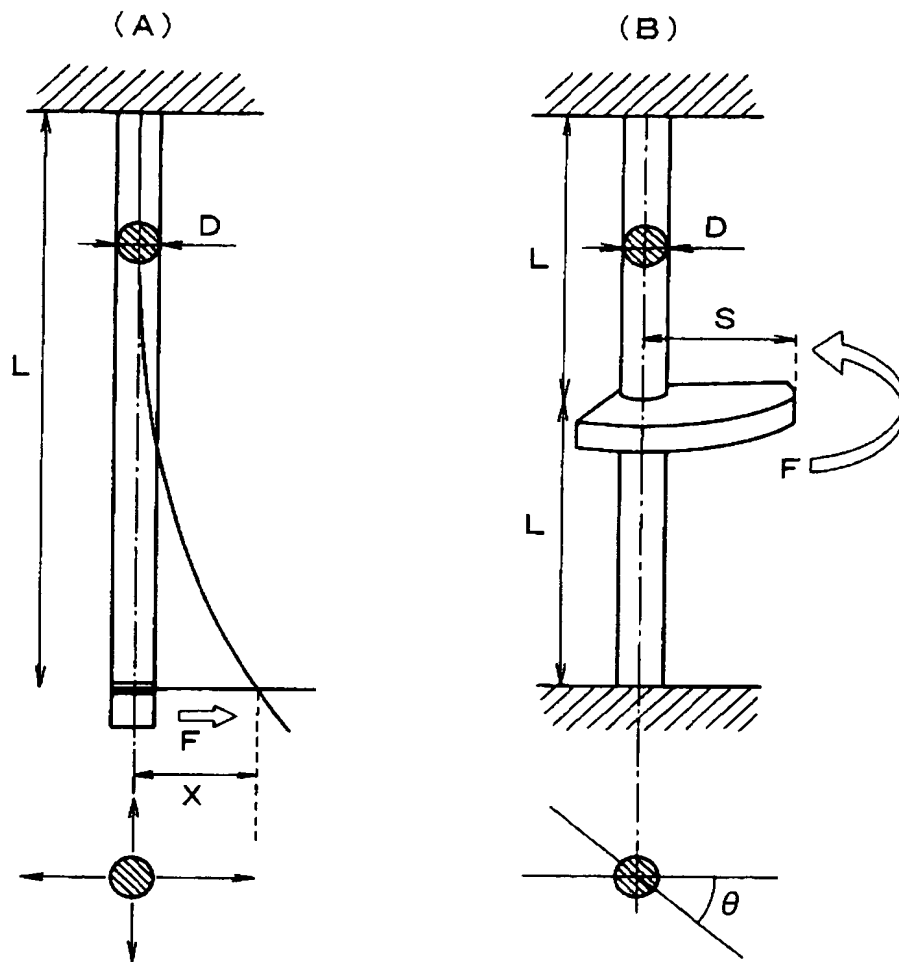
【図 4】



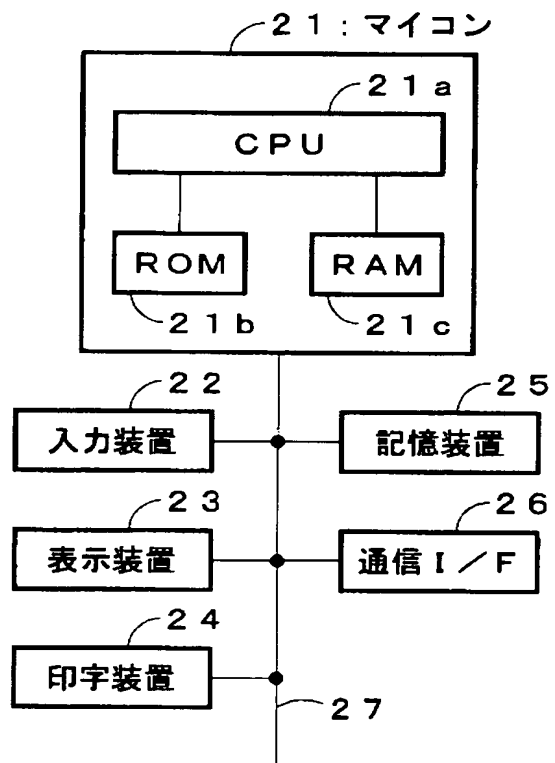
【図 5】



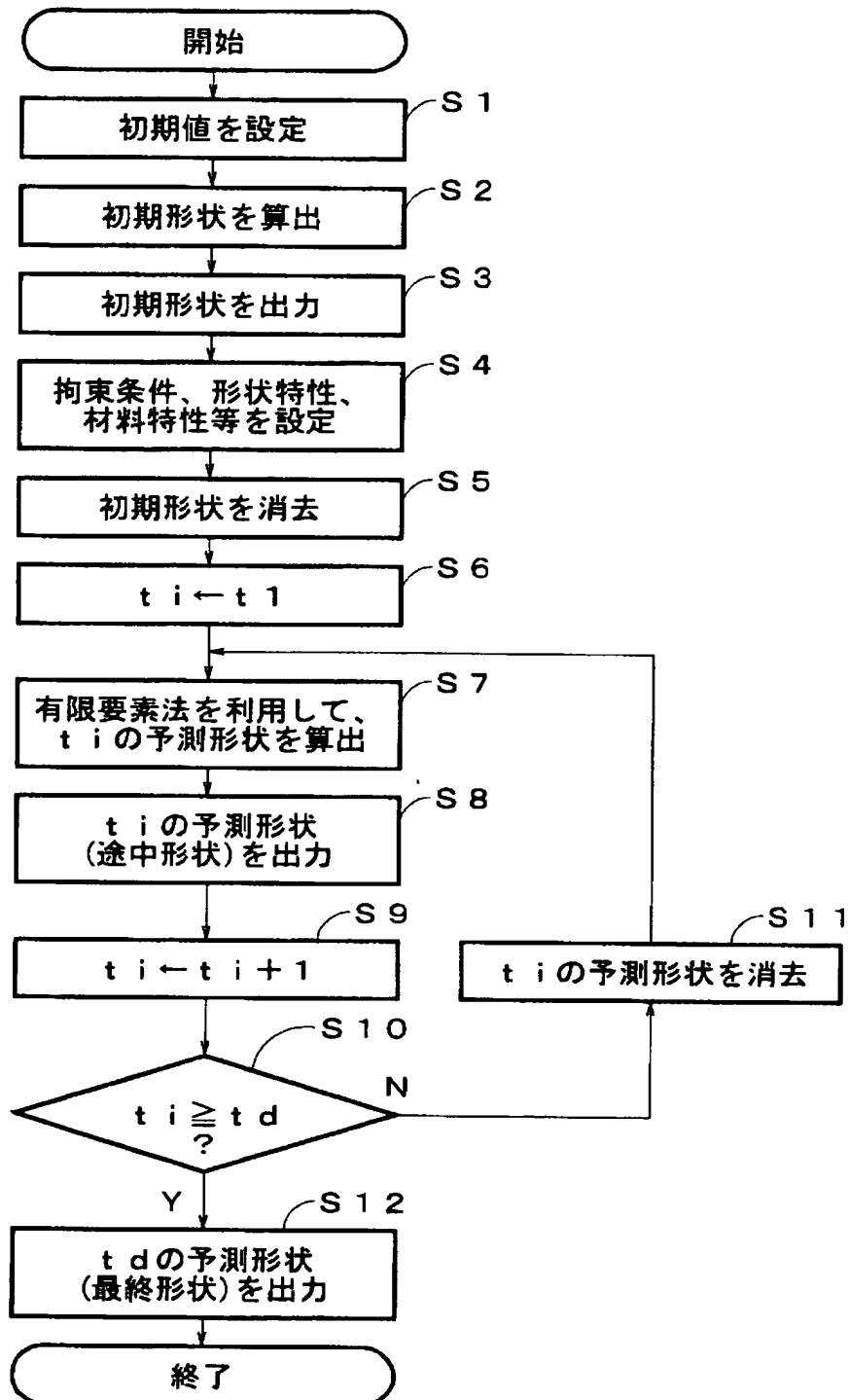
【図 6】



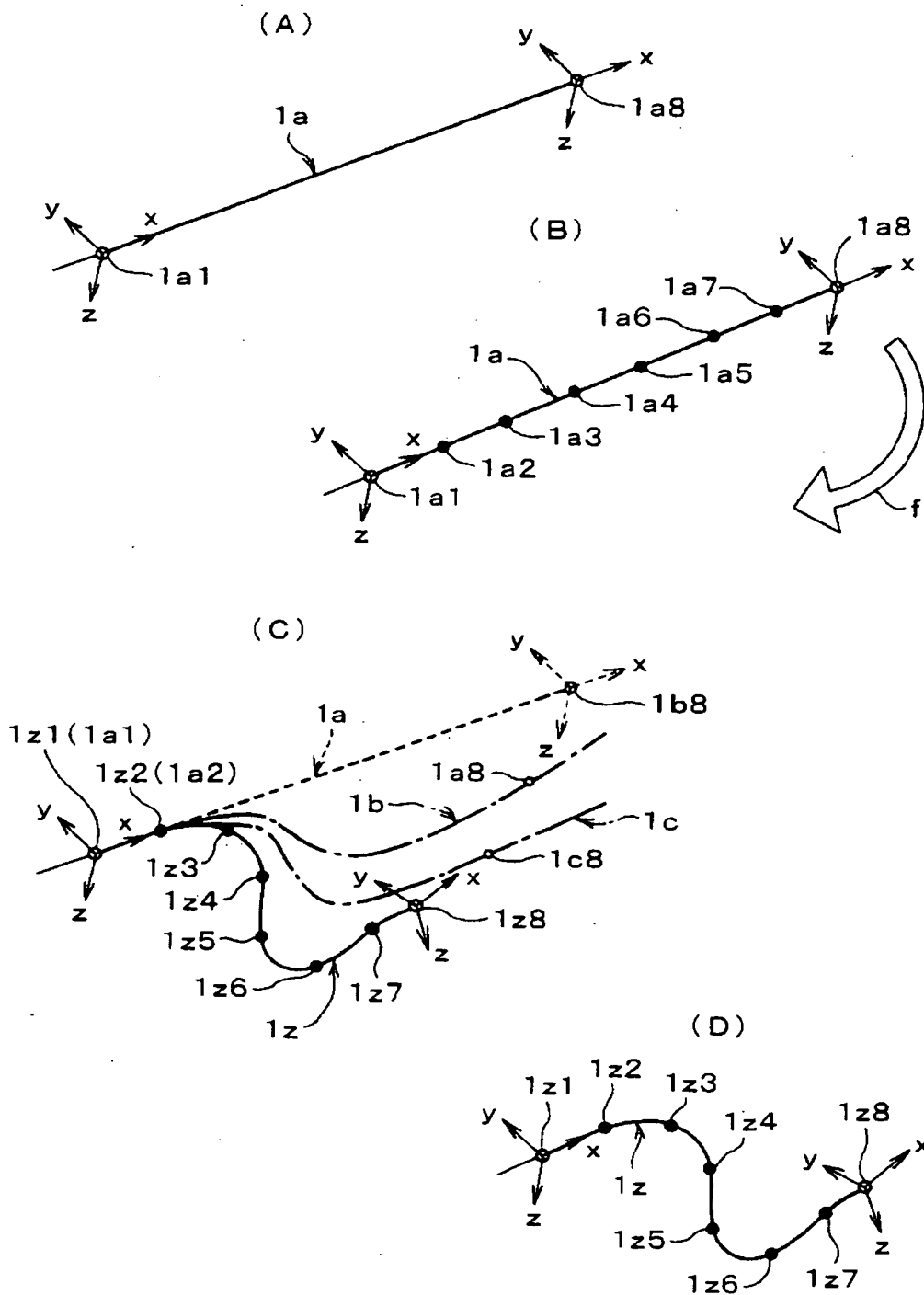
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ワイヤー様構造物の形状を逐次算出して、その結果を逐次出力することにより、その最適な配線設計を、設計者の熟練度に依存することなく、短期間で、容易かつ正確に行えるようする。

【解決手段】 複数本の線条材から構成されるワイヤー様構造物 1 a を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなす。そして、有限要素法を利用して、所定条件を満たすワイヤー様構造物の予測形状を出力する。特に、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性及び拘束条件を満たしつつ、このワイヤー様構造物が初期形状から釣り合いがとれた最終形状 1 z に変位する際のワイヤー様構造物の変形の様子を、有限要素法を利用して逐次算出してその結果を逐次出力するようにしている。

【選択図】 図 9

特願 2 0 0 2 - 2 7 9 5 0 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 8 9 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区三田 1 丁目 4 番 2 8 号

氏 名

矢崎総業株式会社